



THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

10-2601

APPLICANT: YOSHIHIRO MORIMOTO, ET AL.)
SERIAL NO.: 09/820,140) Group Art Unit:
FILED: March 28, 2001) Examiner:
FOR: SEMICONDUCTOR DEVICE AND)
METHOD OF PRODUCING THE SAME)

CLAIM FOR PRIORITY

The Assistant Commissioner for
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

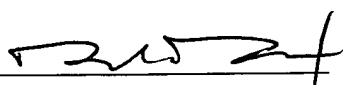
Enclosed herewith is a certified copy of the Japanese Patent Application No. 2000-094535 filed on March 30, 2000. The enclosed Application is directed to the invention disclosed and claimed in the above-identified application.

Applicants hereby claim the benefit of the filing date of March 30, 2000 of the Japanese Patent Application No. 2000-094535, under provisions of 35 U.S.C. 119 and the International Convention for the protection of Industrial Property.

Respectfully submitted,

YOSHIHIRO MORIMOTO, ET AL.

CANTOR COLBURN LLP
Applicants' Attorneys

By: 
Daniel F. Drexler
Registration No. 47,535
Customer No. 23413

I HEREBY CERTIFY THAT THIS CORRESPONDENCE
IS BEING DEPOSITED WITH THE UNITED STATES
POSTAL SERVICE AS FIRST CLASS MAIL IN AN
ENVELOPE ADDRESSED TO:
ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D. C. 20231

ON August 1, 2001
DATE OF DEPOSIT
Tennison Watson
(TYPED OR PRINTED NAME OF PERSON MAILING PAPER OR FEE)
Tennison 8/1/01
SIGNATURE DATE

Date: July 31, 2001
Address: 55 Griffin Road South, Bloomfield, CT 06002
Telephone: 860-286-2929 Ext. 1165



Translation of Priority Certificate

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: March 30, 2000

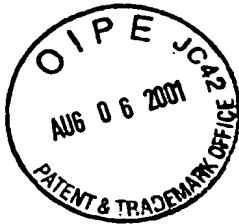
Application Number: Patent Application
No. 2000-094535

Applicant(s): SANYO ELECTRIC CO., LTD.

March 30, 2001

Commissioner, Kozo OIKAWA
Patent Office

Priority Certificate No. 2001-3025112



日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-094535

出 願 人

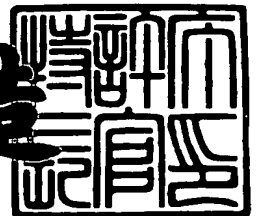
Applicant (s):

三洋電機株式会社

2001年 3月30日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3025112

【書類名】 特許願

【整理番号】 KHB1000009

【提出日】 平成12年 3月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/133

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 森本 佳宏

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 米田 清

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代表者】 近藤 定男

【代理人】

【識別番号】 100111383

【弁理士】

【氏名又は名称】 芝野 正雅

【連絡先】 電話 0 3 - 3 8 3 7 - 7 7 5 1 法務・知的財産部 東
京事務所

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013033

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904451

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 絶縁性基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、該非単結晶半導体膜を加熱処理する工程と、該加熱処理により生じた前記非単結晶半導体膜の突起を物理的除去方法により除去する工程と、を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 前記加熱処理工程は、レーザ光を照射して溶融再結晶化させる工程であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記物理的除去方法は、イオンミリングのイオンビームを前記突起に対して照射して除去する方法であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】 前記イオンミリングのイオンビームの入射方向と、前記非単結晶半導体膜面に対する垂線との成す角 θ が、 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ であることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】 絶縁性基板上に形成した非単結晶半導体膜を加熱処理した際に生じる前記非単結晶半導体膜の突起をイオンビームを照射することにより除去することによって、前記非単結晶半導体膜の表面が平坦であることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、半導体膜の表面を平坦にした半導体装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

以下に、従来の薄膜トランジスタ（Thin Film Transistor、以下、「TFT」と称する。）の製造方法について説明する。

【0003】

図7に多結晶化された多結晶シリコン膜の表面状態を示し、図8に図7中のA-A線に沿った従来の薄膜トランジスタの製造工程断面図を示す。

【0004】

工程1 (図8 (a)) : ガラス、石英ガラス等から成る絶縁性基板10上に、非晶質シリコン膜 (以下、「a-Si膜」と称する。) 11をCVD法を用いて成膜する。

【0005】

工程2 (図8 (b)) : そのa-Si膜11にXeCl、KrF、ArFなどの線状のエキシマレーザ14を一方から他方に向かって走査しながら照射してアニール処理を行って、a-Si膜12を溶融再結晶化し多結晶化させて多結晶シリコン膜 (以下、「p-Si膜」と称する。) 13にする。

【0006】

このとき、a-Si膜12の表面にエキシマレーザビーム14を矢印方向に走査しながら照射することによりa-Si膜12が溶融されて再結晶化が進む。即ち、レーザ照射14によって加熱されたa-Si膜12は溶融した後に冷却されて再結晶化されてp-Si膜となる。ところが、その際に各結晶の粒界がぶつかりあってその箇所が隆起して突起100が生じてしまう。

【0007】

工程3 (図8 (c)) : p-Si膜13上に、CVD法にてSiO₂膜から成るゲート絶縁膜14を全面に形成する。そして、クロム (Cr)、モリブデン (Mo) などの高融点金属からなる金属膜をスパッタ法を用いて形成し、ホトリソグラフィ技術及びRIE (Reactive Ion Etching : 活性化イオンエッチング) 法によるドライエッチング技術を用いて所定形状に加工して、ゲート電極15を形成する。

【0008】

そして、Pチャネル型のTFTを形成する場合には、ゲート電極15をマスクとして、ゲート絶縁膜14を介してp-Si膜13に対してボロン (B) 等のP型イオンを注入し、Nチャネル型のTFTを形成する場合には、リン (P) 等のN型イオンを注入する。これにより、能動層であるp-Si膜13のゲート電極

1 5 で覆われた部分がチャネル領域 1 3 c となり、その両側の部分がソース領域 1 3 s 及びドレイン領域 1 3 d となる。

【 0 0 0 9 】

その後、CVD法を用いて SiO_2 膜単体、又は SiO_2 膜と SiN 膜との2層からなる層間絶縁膜 1 6 を形成する。

【 0 0 1 0 】

工程 4 (図 8 (d)) : そして、ドレイン領域 1 3 d に対応した位置に層間絶縁膜 1 6 及びゲート絶縁膜 1 4 を貫通する第 1 のコンタクトホール 1 7 を p - Si 膜 1 3 に到達するように形成し、この第 1 のコンタクトホール 1 7 部分に、アルミニウム等の金属からなるドレイン電極 1 9 を形成する。このドレイン電極 1 9 の形成は、例えば、第 1 のコンタクトホール 1 7 が形成された層間絶縁膜 1 6 上にスパッタリングして堆積するとともに第 1 のコンタクトホール 1 7 に充填したアルミニウムをパターニングすることで形成される。

【 0 0 1 1 】

そして、ドレイン電極 1 9 が形成された層間絶縁膜 1 6 及びドレイン電極 1 9 上に平坦化絶縁膜 2 0 を形成して表面を平坦化する。この平坦化絶縁膜 2 0 は、アクリル樹脂溶液を塗布し、焼成してアクリル樹脂層を形成してなっており、このアクリル樹脂層は、ゲート電極 1 5、ドレイン電極 1 9 による凹凸を埋めて表面を平坦化することができる。

【 0 0 1 2 】

さらに、ソース領域 1 3 s 上に平坦化絶縁膜 2 0 であるアクリル樹脂層、層間絶縁膜 1 6 及びゲート絶縁膜 1 4 を貫通する第 2 のコンタクトホール 2 1 を形成し、この第 2 のコンタクトホール 2 1 部分に、ソース 1 3 s に接続されてアクリル樹脂層上に広がる表示電極 2 2 を形成する。この表示電極 2 2 は、第 2 のコンタクトホール 2 1 が形成された平坦化絶縁膜 1 5 上に透明導電膜、例えばITO (Indium Thin Oxide : 酸化インジウム錫) を積層し、そして、その透明導電膜上にレジスト膜を塗布した後、所定の電極パターンを形成し、エッチングガスとして、 HBr ガス及び Cl_2 を用いてドライエッチング法、例えばRIE法によって露出した透明導電膜をエッチングすることにより形成される。

【 0 0 1 3 】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上述のように製造したTFTによれば、レーザビーム照射によってa-Si膜が溶融再結晶化される際に、各結晶の粒界がぶつかりあってその箇所が隆起して生じたp-Si膜13表面の突起100の上層に形成したゲート絶縁膜14の厚みが突起100が生じた箇所においては薄くなってしまうことになる。この突起100は、p-Si膜13の厚みが約400Åの場合に、その厚みと同じく約400Åにもなってしまう。このため、p-Si膜13とゲート電極15との間で十分な絶縁をとることができない、あるいは突起100の高さがゲート絶縁膜14の厚みよりも大きい場合にはp-Si膜13とゲート電極15とが短絡してしまうという欠点があった。

【 0 0 1 4 】

また、突起100には印加された電圧によって電界が集中してしまい、やはり絶縁破壊を起こしてしまい、p-Si膜13とゲート電極15とが短絡してしまうという欠点があった。

【 0 0 1 5 】

更に、ゲート電極15に印加された電圧のp-Si膜13対して印加される電圧が絶縁性基板面内でばらつきが生じてしまうことになり、結果として特性の不均一なTFTが形成されてしまうという欠点があった。そのTFTを液晶表示装置等の表示装置に採用した場合には、表示画面内においてばらつきが生じてしまうという欠点もあった。

【 0 0 1 6 】

そこで、本発明は、上述の欠点に鑑みて為されたものであって、半導体膜に生じる突起を除去してその表面を平坦にし、良好な特性を有する半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体装置の製造方法は、絶縁性基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、該非単結晶半導体膜を加熱処理する工程と、該加熱処理により生じた

前記非単結晶半導体膜の突起を物理的除去方法により除去する工程と、を備えたものである。

【 0 0 1 8 】

また、上述の半導体装置の製造方法は、前記加熱処理工程は、レーザ光を照射して溶融再結晶化させる工程である半導体装置の製造方法である。

【 0 0 1 9 】

また、上述の半導体装置の製造方法は、前記物理的除去方法が、イオンミリングのイオンビームを前記突起に対して照射して除去する方法である半導体装置の製造方法である。

【 0 0 2 0 】

更に、前記イオンミリングのイオンビームの入射方向と、前記非単結晶半導体膜面に対する垂線との成す角 θ が、 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ である半導体装置の製造方法である。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の半導体装置は、絶縁性基板上に形成した非単結晶半導体膜を加熱処理した際に生じる前記非単結晶半導体膜の突起をイオンビームを照射することにより除去することによって、前記非単結晶半導体膜の表面が平坦である半導体装置である。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の半導体装置の製造方法を T F T を備えた液晶表示装置に採用した場合について説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 に、本発明の T F T の製造工程断面図を示し、図 2 に液晶表示装置の断面図を示す。

【 0 0 2 4 】

工程 1 (図 1 (a)) : ガラス、石英ガラス等から成る絶縁性基板 1 0 上に、 SiO_2 膜単体、あるいは SiN 膜及び SiO_2 膜から成る絶縁性膜 1 1 を C V D 法等を用いて形成する。これは、絶縁性基板からのナトリウム (N a) イオン等

の不純物がその上に形成する半導体膜（ $p-Si$ 膜）に浸入することを防止するためである。不純物が浸入する恐れがない無アルカリガラス基板等を用いる場合には必ずしも必要ではない。

【0025】

また、本発明においては、絶縁性基板は、表面が絶縁性を呈する基板も含むものとする。即ち、半導体基板上に SiN 膜及び SiO_2 膜から成る絶縁性膜11を堆積したものであっても良い。

【0026】

絶縁膜11上に、 $a-Si$ 膜12をCVD法を用いて成膜する。その $a-Si$ 膜12の膜厚は、 $300\sim1000\text{\AA}$ であり、本実施の形態においては 400\AA とした。

【0027】

工程2（図1（b））：その $a-Si$ 膜12に波長が 308nm で線状のエキシマレーザを一方から他方に向かって走査しながら照射してアニール処理を行って、 $a-Si$ 膜12を溶融再結晶化し多結晶化させて多結晶シリコン膜（以下、「 $p-Si$ 膜」と称する。）13にする。

【0028】

このとき、 $a-Si$ 膜の表面にエキシマレーザビームを照射することにより $a-Si$ 膜が溶融されて再結晶化が進む。即ち、レーザ照射によって加熱された $a-Si$ 膜は溶融した後に冷却されて再結晶化されるが、その際に各結晶の粒界がぶつかりあってその箇所が隆起して突起100が生じてしまう。

【0029】

レーザービームとしては、波長 $\lambda=308\text{nm}$ の $XeCl$ エキシマレーザを使用してもよく、また、波長 $\lambda=193\text{nm}$ の ArF エキシマレーザを使用してもよい。

【0030】

工程3（図1（c））：次に、イオンミリング装置からのイオンビーム110を照射してその突起100をエッチングする。

【0031】

p-Si膜の突起100をエッチングするために、p-Si膜13の表面に対して角度 θ の角を成す方向からArイオン照射110をする。

【0032】

工程4(図1(d)) : そうして、p-Si膜13の表面の突起100を除去して、p-Si膜13表面を平坦にする。

【0033】

工程5(図1(e)) : p-Si膜13上に、CVD法にてSiO₂膜から成るゲート絶縁膜14を全面に形成する。そして、Cr、Moなどの高融点金属からなる金属膜をスパッタ法を用いて形成し、ホトリソグラフィ技術及びRIE法によるドライエッチング技術を用いて所定形状に加工して、ゲート電極15を形成する。

【0034】

そして、ゲート電極15をマスクとして、ゲート絶縁膜14を介してp-Si膜13にP型またはN型のイオンを注入する。即ち、形成すべきTFTのタイプに応じて、ゲート電極15に覆われていないp-Si膜13にP型またはN型のイオンを注入する。

【0035】

Pチャネル型のTFTを形成する場合には、ボロン(B)等のP型イオンを注入し、Nチャネル型のTFTを形成する場合には、リン(P)等のN型イオンを注入する。これにより、能動層であるp-Si膜13のうちゲート電極15で覆われた部分がチャネル領域13cとなり、その両側の部分がソース領域13s及びドレイン領域13dとなる。

【0036】

その後、CVD法を用いて、SiO₂膜単体、又はSiO₂膜とSiN膜との2層からなる層間絶縁膜16を形成する。

【0037】

そして、ドレイン領域13dに対応した位置に層間絶縁膜16を貫通する第1のコンタクトホール17をp-Si膜13に到達するように形成し、この第1のコンタクトホール17部分に、アルミニウム等の金属からなるドレイン電極19

を形成する。このドレイン電極 1 9 の形成は、例えば、第 1 のコンタクトホール 1 7 が形成された層間絶縁膜 1 6 上にスパッタリングして堆積するとともに第 1 のコンタクトホール 1 7 に充填したアルミニウムをパターニングすることで形成される。

【 0 0 3 8 】

次いで、ドレイン電極 1 9 が形成された層間絶縁膜 1 6 及びドレイン電極 1 9 上に平坦化絶縁膜 2 0 を形成して表面を平坦化する。この平坦化絶縁膜 2 0 は、アクリル樹脂溶液を塗布し、焼成してアクリル樹脂層を形成してなっており、このアクリル樹脂層は、ゲート電極 1 5、ドレイン電極 1 9 による凹凸を埋めて表面を平坦化することができる。

【 0 0 3 9 】

さらに、ソース領域 1 3 s 上に平坦化絶縁膜 2 0 であるアクリル樹脂層、層間絶縁膜 1 6 及びゲート絶縁膜 1 4 を貫通する第 2 のコンタクトホール 2 1 を形成し、この第 2 のコンタクトホール 2 1 部分に、ソース領域 1 3 s に接続されてアクリル樹脂層上に広がる表示電極 2 2 を形成する。この表示電極 2 2 は、第 2 のコンタクトホール 2 1 が形成された平坦化絶縁膜 2 0 上に透明導電膜、例えば I T O を積層し、そして、その透明導電膜上にレジスト膜を塗布した後、所定の電極パターンを形成し、エッチングガスとして H B r ガス及び C l ₂ ガスを用いてドライエッチング法、例えば R I E 法によって露出した透明導電膜をエッチングすることにより形成される。

【 0 0 4 0 】

そして、表示電極 2 2 及び平坦化絶縁膜 2 0 上に、ポリイミド、S i O₂ 等からなり、液晶 2 4 を配向させる配向膜 2 3 を、印刷法またはスピナー法にて形成する。

【 0 0 4 1 】

こうして、液晶を駆動させる T F T をスイッチング素子とした液晶表示装置の片側の T F T 基板 1 0 が完成する。

【 0 0 4 2 】

次に、石英ガラスまたは無アルカリガラスからなる絶縁基板である対向電極基

板 3 0 上に、この基板 3 0 側から順に I T O 膜等の透明導電膜からなる対向電極 3 1 を基板全面に形成した後、その上に液晶 2 4 を配向するためのポリイミド、 SiO_2 等からなる配向膜 3 2 を形成する。

【 0 0 4 3 】

こうして、上述の T F T 基板 1 0 に対向して対向電極基板 3 0 を設け、T F T 基板 1 0 と対向電極基板 3 0 との間であってそれらの周辺に、接着性を有する樹脂からなるシール剤を用いて両基板 1 0, 3 0 を接着し、両基板間 1 0, 3 0 に液晶 2 4 を充填して、図 2 に示すような液晶表示装置が完成する。

【 0 0 4 4 】

ここで、p-Si 膜 1 3 表面に生じた突起 1 0 0 を除去するイオンミリング装置の原理について説明する。

【 0 0 4 5 】

図 3 に、イオンミリング装置の概略断面図を示す。

【 0 0 4 6 】

同図に示すように、イオンミリング装置は、イオンを発生させるイオン発生源領域 I S と、被照射物にイオンを照射して被エッチング物のエッチングを行うエッチングチャンバ領域 E C とから成っている。いずれの領域ともに真空にしてありその真空度は $1 \text{ E } (-6) \text{ T o r r}$ である。

【 0 0 4 7 】

一方のイオン発生源領域 I S には、マグネットによってイオン化されるガス、例えばアルゴン (A r) ガスを供給するガス供給口 2 1 0 と、そのガスをプラズマ化するための磁界を発生させるマグネット 2 3 0 が周りに配置された円筒形状のアノード 2 3 1 と、熱電子を放出するフィラメントからなるカソード 2 4 0 とを備えている。また、発生されたプラズマ中から A r イオンを引き出す引き出し電極 2 5 0 を備えている。

【 0 0 4 8 】

他方のエッチングチャンバ領域 E C は、引き出し電極 2 5 0 によって引き出された A r イオンを中性化するための電子を放出するニュートライザ 2 6 0 を備えている。また、被エッチング物を固定するステージ 2 9 0 が備えられている。

排気口 3 0 0 より排気される。

【 0 0 4 9 】

ステージ 2 9 0 には被エッチング物である p - S i 膜 2 8 0 を全面に形成したガラス基板 2 7 0 が固定してあり、ステージ 2 9 0 は所定の速度で回転される。回転させることによりガラス基板 2 7 0 上の p - S i 膜 2 8 0 に均一に A r 原子が照射 1 1 0 されるようにしている。また、イオン源発生領域 I S から照射される A r 原子の入射方向は、ステージ 2 7 0 表面の垂線から角度 θ だけ傾いている。即ち、p - S i 膜 2 8 0 面に対して角度 $(\pi / 2 - \theta)$ を成す方向から p - S i 膜 2 8 0 に A r 原子が入射される。こうして、p - S i 膜 2 8 0 に発生した突起 1 0 0 に対して一定の角度 θ から A r 原子 2 6 0 が照射されるように配置されて、突起 1 0 0 がエッチングされる。この角度 θ は、ステージ 2 9 0 の固定角度を調整することにより、任意に変えることが可能である。

【 0 0 5 0 】

上述のイオンミリング装置において、イオン発生源領域 I S 及びエッチングチャンバ領域 E C 内を拡散ポンプ等により真空にする。そしてガス供給口 2 1 0 から A r ガスをイオン発生源領域 I S 内に供給し、アノード電極 2 3 1、マグネット 2 3 0 及びカソード 2 4 0 に電圧を印加して、A r ガスをプラズマ化する。そのプラズマ中の A r イオンをエッチングチャンバ領域 E C に引き出すために、引き出し電極 2 5 0 に約 8 0 0 V の電圧を印加して A r イオンを引き出す。そしてこの引き出された A r イオンにニュートライザ 2 6 0 からの電子を供給して、A r イオンに電子を結合させて A r 原子とする。そして、その A r 原子 1 1 0 をステージ 2 9 0 に固定されたガラス基板 2 7 0 上の p - S i 膜 2 8 0 に衝突させる。この A r 原子 2 6 0 が p - S i 膜 2 8 0 表面に発生した突起 1 0 0 に衝突して除去させる。

【 0 0 5 1 】

ここで、突起 1 0 0 の A r 原子によるエッチングについて説明する。

【 0 0 5 2 】

図 4 に、各形状の突起に対して A r 原子を照射してエッチングする様子を示す。

【0053】

図4 (a) には円錐状の突起の場合を、図4 (b) には円錐形状の複数個連続した突起の場合を、図4 (c) には長方形の形状をした突起の場合を示す。

【0054】

まず、図4 (a) に示す円錐形状の突起の場合について説明する。

【0055】

ここで、突起100はp-Si膜280の表面に対して角度 α の仰角をもっているとし、また、Ar原子110は、p-Si膜13表面に対して垂直な垂線VL1から角度 θ だけ傾いた方向から入射すると仮定する。

【0056】

すると、円錐形状の突起100の斜面に対して垂直な垂線VL2から角度 $(\theta - \alpha)$ だけ傾いた方向からAr原子が入射することになる。斜面ではあるが、面に対して言えば、p-Si表面の平面に入射されることになる。

【0057】

このとき、p-Si膜280を形成したガラス基板10は、ステージ290に固定されており、ステージとともに回転しているのでp-Si膜280の全面に均一にAr原子が照射されることになる。従って、このAr原子が次々とp-Si膜13の突起部の斜面及びそれ以外の平坦部に照射されることにより、突起部以外の平坦部よりも突起100aが速くエッチングされていき、次第に突起100b、突起100cへと形状が小さくなって突起を除去することができる。従って、表面の平坦なp-Si膜13を得ることができる。

【0058】

次に、円錐形状の複数個連続した突起の場合について説明する。

【0059】

図4 (a) に示した突起の除去と同様に、突起100はp-Si膜13の表面に対して角度 α の仰角をもっているとし、また、Ar原子110は、p-Si膜13表面に対して垂直な垂線VL1から角度 θ だけ傾いた方向から入射すると、円錐形状の突起100の斜面に対して垂直な垂線VL2から角度 $(\theta - \alpha)$ だけ傾いた方向からAr原子が入射することになる。そして、100a、100

0 b、100 cの順に突起がエッチングされていき、表面を平坦にすることができる。

【0060】

次に、図4(c)に示す円柱の形状をした突起の場合について説明する。

【0061】

同図において、突起100はp-Si膜13の表面に対して垂直に突起しているものとし、またAr原子110は、p-Si膜13の突起100の表面に対して垂直な垂線VL1から角度 θ だけ傾いた方向から入射されるものとする。

【0062】

そうすると、p-Si膜13上面に対して垂直な側面VSに対しては、Ar原子110は、その側面VSに対して垂直な垂線VL2に対して角度 $((\pi/2) - \theta)$ だけ傾いた方向から入射することになる。側面VSもその面は平坦な表面であると言える。

【0063】

こうして、このAr原子が次々とp-Si膜13に照射されることにより、この突起の上面よりも側面VSのほうがエッチングされながら突起100aから次第にエッチングされていき、突起100b、突起100cへと形状が小さくなって突起を除去することができる。従って、表面の平坦なp-Si膜13を得ることができる。

【0064】

ここで、p-Si膜にAr原子を照射した場合のAr原子の照射角度とp-Si膜のエッチングレートとの関係について説明する。

【0065】

図5に、平坦な表面のp-Si膜にAr原子を照射した場合のAr原子の照射角度とp-Si膜のエッチングレートとの関係を示す。なお、同図において、横軸は照射されるAr原子のp-Si膜面の垂線からの角度を示し、縦軸にそのAr原子によってエッチングされるp-Si膜のエッチングレートを示す。

【0066】

同図に示すように、Ar原子(Arイオンビーム)入射方向によってシリコン

のエッチングレートは異なる。なお、同図は、Ar 原子のビームエネルギーは 5 0 0 e V、Ar 原子の電流密度は 1.4 mA/cm^2 の場合を示している。

【 0 0 6 7 】

エッチングレートは、Ar 原子入射角度 θ が 0° から大きくなるにつれて徐々になだらかに上昇し、 60° で最大となり、 60° から 90° 近傍にかけては急激に減少する。

【 0 0 6 8 】

前述の図 4 (a) に示した円錐形状の突起の場合について、再度説明する。突起をイオンビームを照射して除去する場合、突起部のエッチングレートは大きく、平坦な部分のエッチングレートは小さいことが好ましい。即ち、図 4 (a) に示す円錐形状の場合においても、突起部 1 0 0 a は早くエッチングされ、また平坦な部分はエッチングされにくいことが好ましい。

【 0 0 6 9 】

ここで、例えば、イオンビームの入射角度 θ が 88° で、円錐形状の突起の p-Si 膜 1 3 の表面に対する角度 α が 60° の場合を考える。

【 0 0 7 0 】

即ち図 4 (a) において垂線 VL 1 からの角度 θ が 88° であり、その方向からイオンビームが入射して p-Si 膜 2 8 0 の平坦な部分に照射される。また、p-Si 膜 2 8 0 の表面（このとき円錐形状の側面は斜面であるが、その斜面自体は平坦な部分である。）に対する垂線 VL 2 からの角度 $(\theta - \alpha)$ は 28° ($= 88^\circ - 60^\circ$) である。この場合を図 5 で見ると、平坦な表面の p-Si 膜に照射したときに、入射角度が 88° の場合にはエッチングレートは約 100 Å/min であり、入射角度が 28° の場合にはエッチングレートは約 600 Å/min である。即ち、平坦な部分のエッチングレート（約 100 Å/min ）に対して突起部のエッチングレート（約 600 Å/min ）であるので、突起部分は平坦な部分に比べて約 6 倍のエッチングレートでエッチングされていくため、平坦部が多くエッチングされてしまうことなく、突起部のエッチングが完了することになる。

【 0 0 7 1 】

なお、図4に示した他の突起の形状の場合においても同様に、平坦部のエッチングレートに比べて、突起部のエッチングレートが大きくなるようにイオンビームの入射角度を選択することにより、平坦部分がエッチングされてしまうことなく効率よく突起部をエッチングすることができる。

【 0 0 7 2 】

また、図6に、 $p-Si$ 膜に Ar 原子を照射した後の $p-Si$ 膜上の突起の状態の一例を示す。同図において、横軸は基板の表面の垂線からの角度を示し、縦軸は Ar 原子照射後の $p-Si$ 膜上の突起の平均高さを示している。なお、突起の平均高さは 400 \AA の場合を示しており、形状は概ね図6中に示した円錐形状をしている場合である。

【 0 0 7 3 】

同図に示すように、入射角度が大きくなるにつれて突起の高さは低くなる、即ち除去されて $p-Si$ 膜の表面が平坦に成てくることがわかる。

【 0 0 7 4 】

ここで、能動層である $p-Si$ 膜の突起は、その上に形成する絶縁膜を突き抜けてしまうと絶縁性が得られないどころか、その絶縁膜上の導電層とショートしてしまうことになるので、高くないことが望ましい。 $p-Si$ 膜の突起の残りとしては、概ね絶縁性を保持できる程度の厚みであればよい。

【 0 0 7 5 】

以上のことから、突起残りが 250 \AA であれば良いことから入射角度が 60° であれば良い。また、突起残りが 200 \AA であれば更に好ましいことから入射角度が 70° であれば良い。更に好ましくは突起残りが 150 \AA であれば更に好ましいことから入射角度が 80° であれば良い。

【 0 0 7 6 】

以上のように、 $p-Si$ 膜の表面に生じた突起をイオンミリング法によってイオンビームを照射して表面を平坦にすることにより、 $p-Si$ 膜13とゲート電極15との間で十分な絶縁をとることができるとともに、突起100の高さがゲート絶縁膜14の厚みよりも大きい場合にも、研磨によって平坦にすることにより $p-Si$ 膜13とゲート電極15とが短絡してしまうことがない。

【 0 0 7 7 】

また、突起 1 0 0 には印加された電圧によって電界が集中してしまうこともない。

【 0 0 7 8 】

更に、ゲート電極 1 5 に印加された電圧の p - S i 膜 1 3 対して印加される電圧が絶縁性基板面内でばらつきが生じて、結果として特性の不均一な T F T が形成されてしまうこともない。そしてその T F T を液晶表示装置等の表示装置に採用した場合にも、表示画面内においてばらつきが生じてしまうこともない。

【 0 0 7 9 】

なお、本発明は、ステージ 2 9 0 に固定したガラス基板 2 7 0 は、上述の実施の形態に示したように 1 つの液晶表示パネルをなすガラス基板を固定すること限定されるものではなく、 1 枚のガラス基板に多数の液晶表示パネルを備えたいわゆるマザーガラス基板であっても同様の効果が得られるものである。

【 0 0 8 0 】

【発明の効果】

本発明によれば、イオンミリング法を用いて効率よく p - S i 膜の表面に発生する突起を除去して平坦な表面にすることができるので、良好な特性の半導体装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の半導体装置の製造方法の製造工程断面図である。

【図 2】

本発明の半導体装置を液晶表示装置に採用した場合の断面図である。

【図 3】

本発明の半導体装置の製造方法に用いるイオンミリング装置の断面図である。

【図 4】

本発明の半導体装置の製造方法のエッチング工程断面図である。

【図 5】

本発明のイオンビーム入射角度とエッチングレートとの関係を示す特性図である

。 【図 6】

本発明のイオンビーム入射角度と平坦化後の突起の高さとの関係を示す図である

。 【図 7】

従来の半導体装置の表面状態を示す図である。

【図 8】

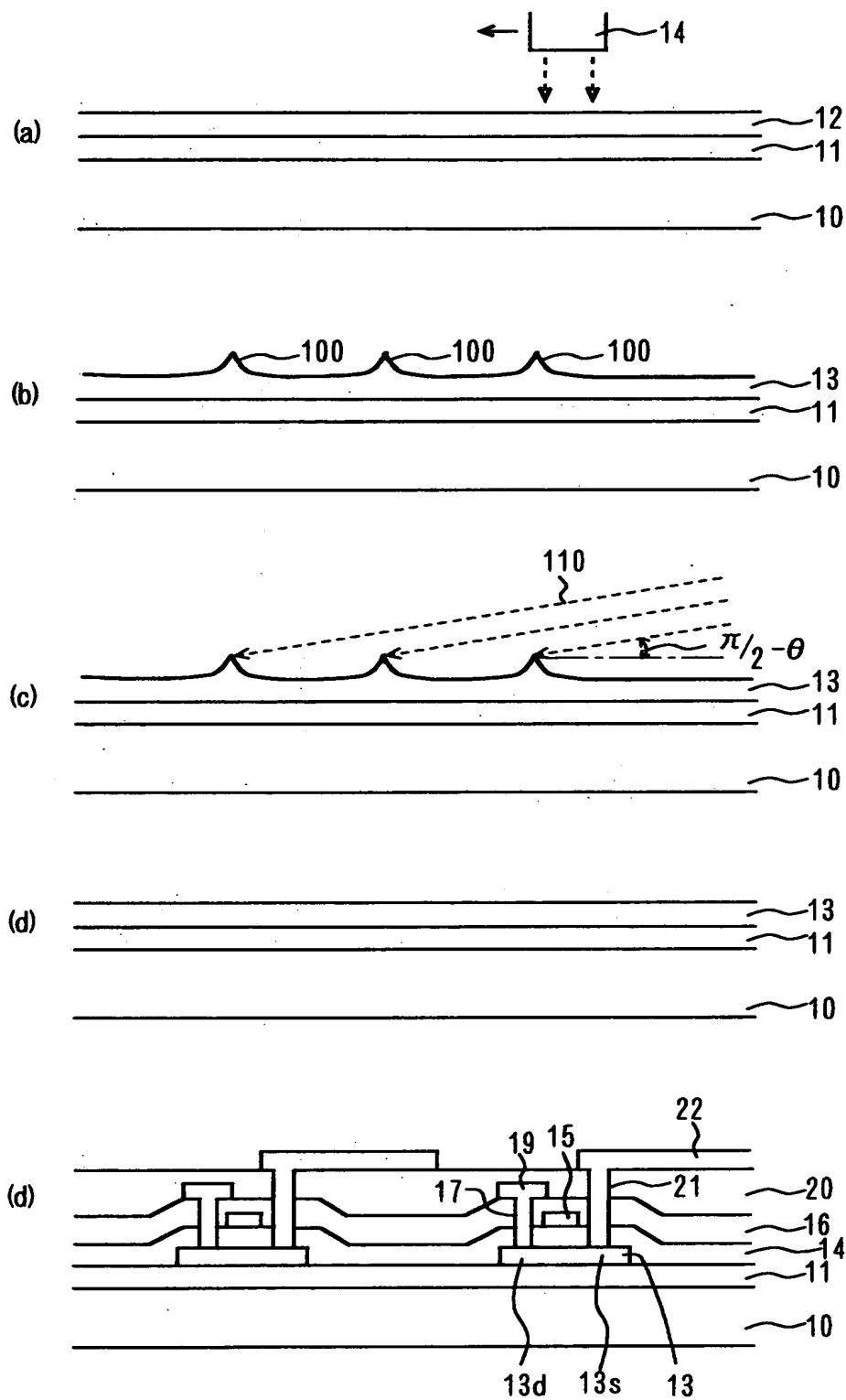
従来の半導体装置の製造方法の製造工程断面図である。

【符号の説明】

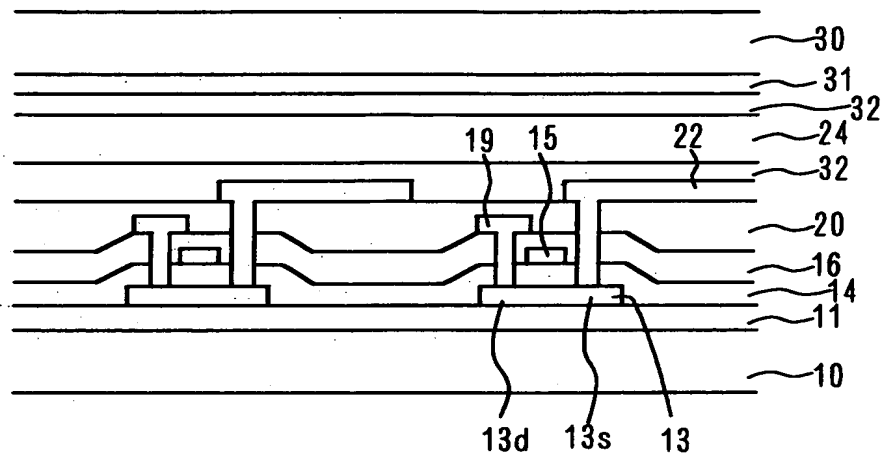
| | |
|-------|-----------|
| 1 0 | 基板 |
| 1 2 | a - S i 膜 |
| 1 3 | p - S i 膜 |
| 1 4 | レーザー光照射 |
| 1 0 0 | 突起 |
| 1 1 0 | イオンビーム |

【書類名】 図面

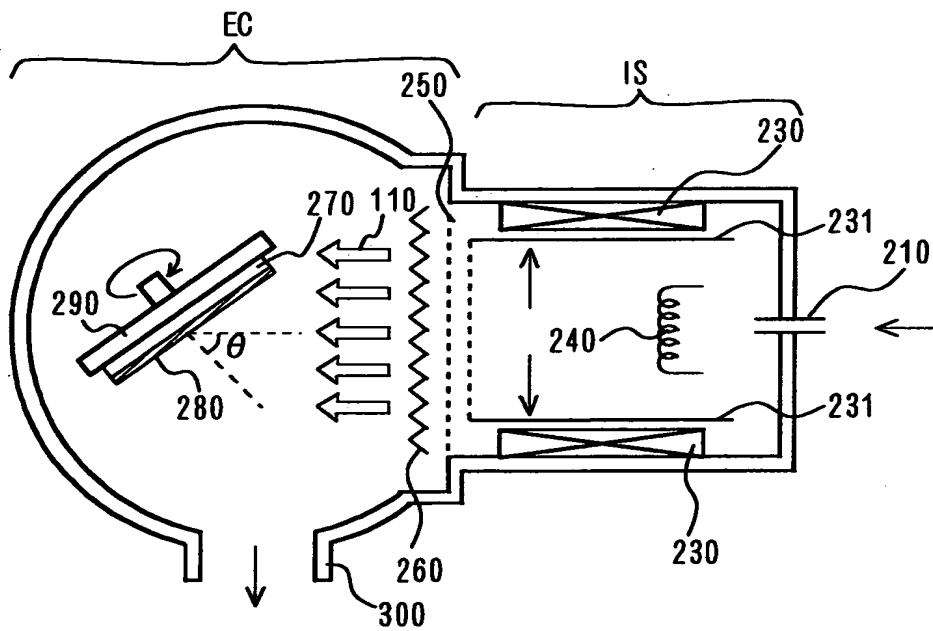
【図 1】



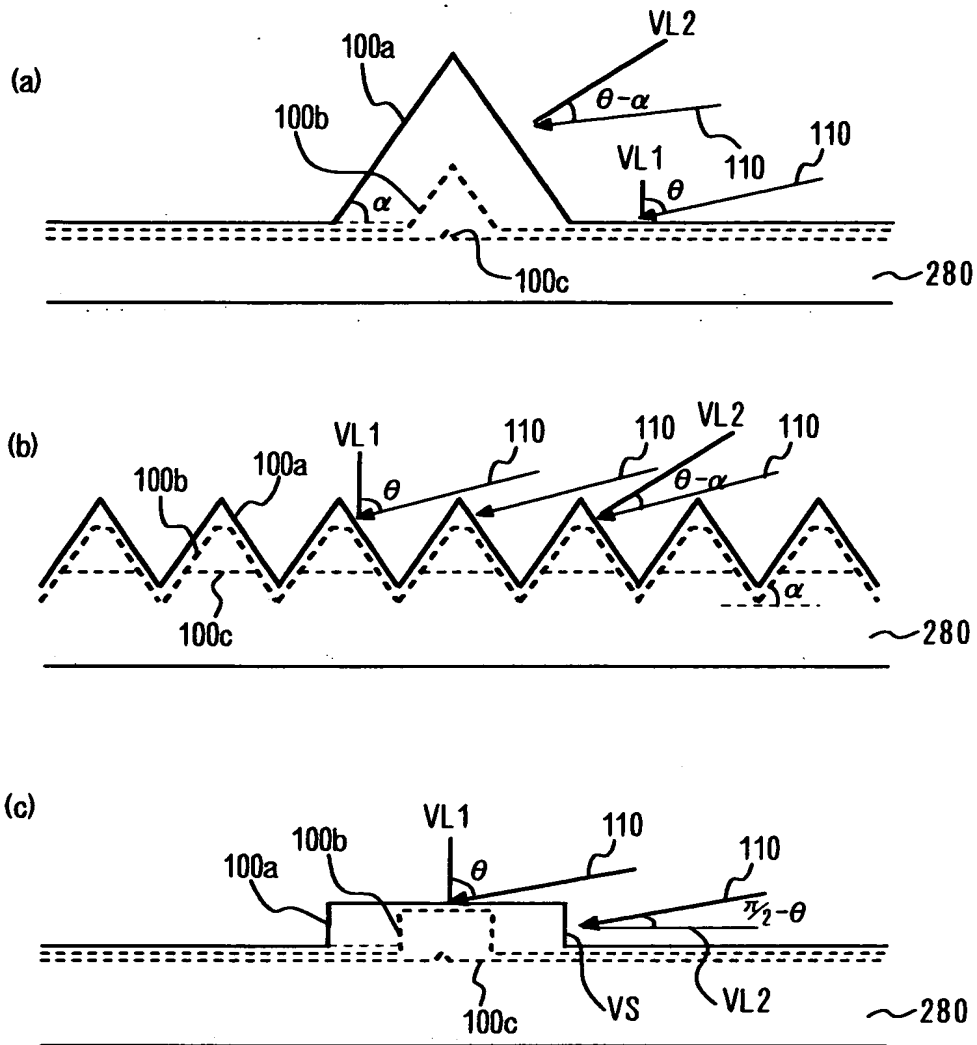
【図2】



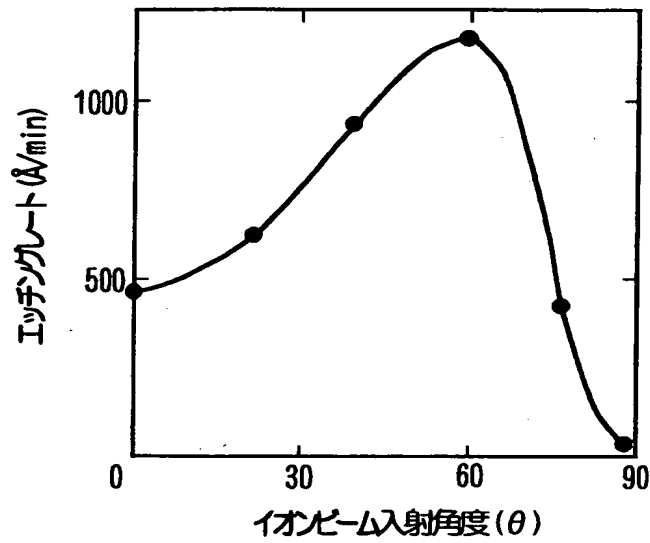
【図3】



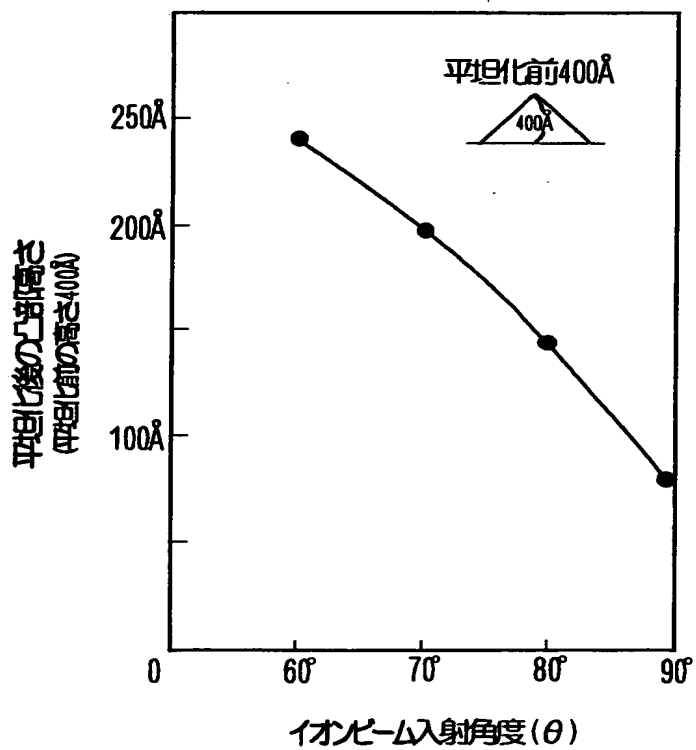
【図 4】



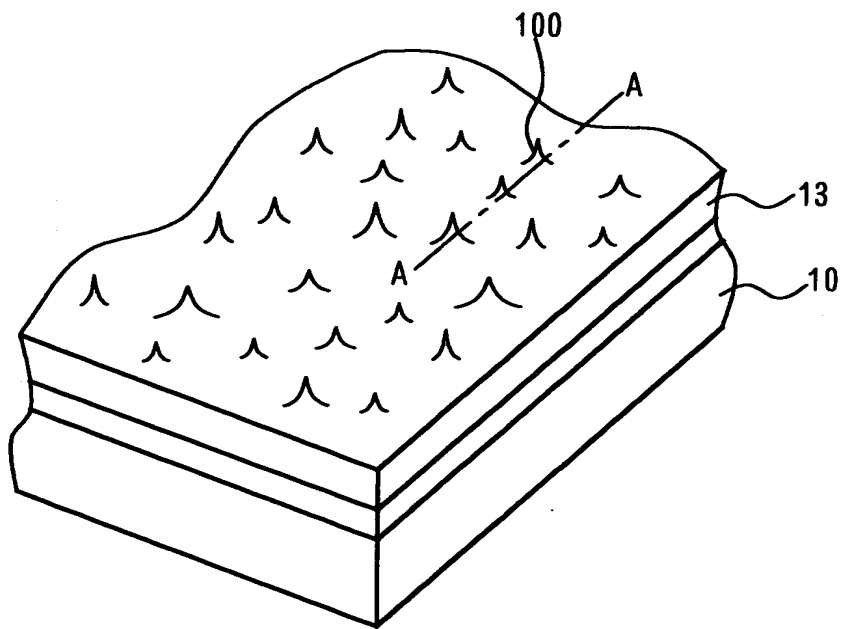
【図 5】



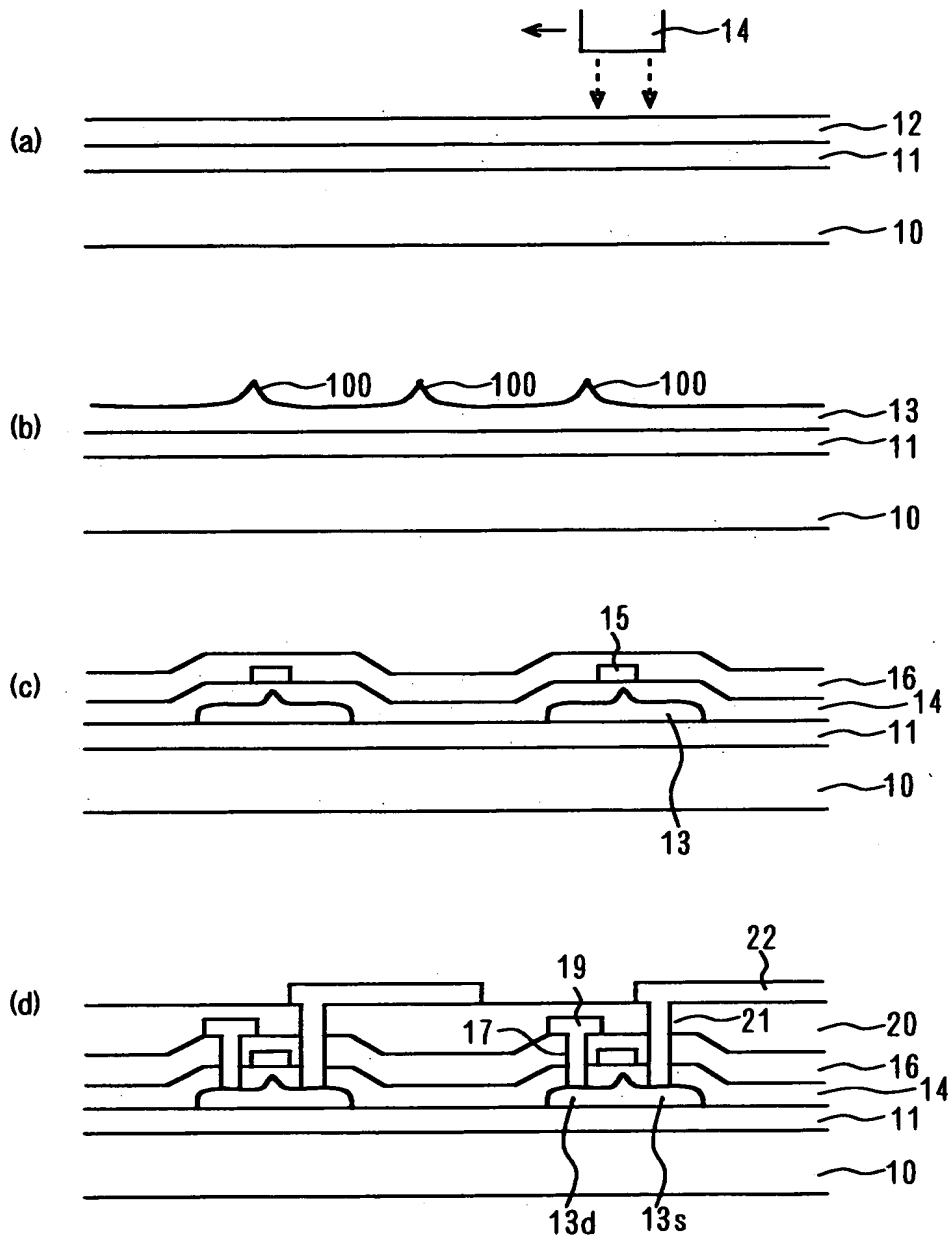
【図 6】



【図7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体膜に生じる突起を除去してその表面を平坦にし、良好な特性を有する半導体装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 絶縁性基板 10 上に、a-Si 膜 12 を成膜し、その a-Si 膜 12 にレーザー光 14 を照射して溶融再結晶化して p-Si 膜 13 にした際に生じる突起 100 に対して、イオンミリング法によるイオンビームを入射角度 60° ～ 90° で照射することにより、その突起 100 を除去してしまい、p-Si 膜 13 の表面を平坦にすることにより、p-Si 膜 13 とゲート電極 15 との間で十分な絶縁をとることができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

| | |
|----------|-------------------|
| 1. 変更年月日 | 1993年10月20日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 |
| 氏 名 | 三洋電機株式会社 |